

VŠB – technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechaniky

Konstrukční a technologický návrh kluzného vedení
podloží lisovacích forem v podmínkách

SUNGWOO HITECH s.r.o.

Design and Production Technology of Moving Bolster
Slideway in the Company SUNGWOO HITECH s.r.o.

Student: Petr Molnár

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Molnár**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Konstrukční a technologický návrh kluzného vedení podloží lisovacích forem v podmínkách SUNGWOO HITECH s.r.o.
Design and Production Technology of Moving Bolster Slideway in the Company SUNGWOO HITECH s.r.o.**

Zásady pro vypracování:

1. Přehled současného stavu výroby zadaného dílce.
2. Konstrukční návrh kluzného vedení podloží lisovacích forem.
3. Návrh technologie výroby kluzného vedení podloží lisovacích forem.
4. Technicko – ekonomický přínos navrhovaného řešení a závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů*. 2007. Ediční středisko VŠB – TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] AB Sandvik Coromant. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. 1. vyd.*. Praha, 1997. 980 s. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- [3] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. VŠB – TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.
- [4] JANDEČKA, K. *Programování NC strojů*. Plzeň: ZČU Plzeň, 2000. 159 s. ISBN 80-7082-692-4.

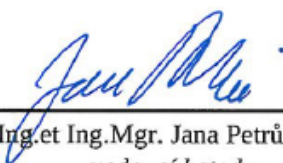
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



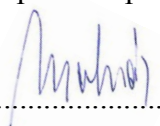

Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

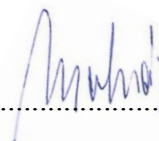
V Ostravě 20.5. 2013


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20. 5. 2013



.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Petr Molnár

Adresa trvalého pobytu autora práce: Těšetice 120, 783 46

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MOLNÁR, P. Konstrukční a technologický návrh kluzného vedení podloží lisovacích forem v podmínkách SUNGWOO HITECH s.r.o.: bakalářská práce, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 38 s. Vedoucí práce: Sadílek, M.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním a technologickým návrhem kluzného vedení v podloží lisovacích forem. V úvodu je vysvětlena a popsána funkce podloží pro lisovací formy. Dále je popsána použitá technologie, současný stav kluzného vedení podloží v podmínkách naší společnosti a konečně konstrukční a technologický návrh nového kluzného vedení. Na závěr práce obsahuje shrnutí dosažených výsledků a aplikaci nového kluzného vedení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Design and technology production of moving slideway in the Company SUNGWOO HITECH s.r.o.: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2013, 38 p. Thesis head: Sadílek, M.

Bachelor thesis deals with the design and production technology of moving slideway. The introduction describes the used technology and functionality of pad for molding machine. Then it is explain the current status of pad for molding machine in our company environment and finally design and production technology of moving slideway. In conclusion work summarizes the results and application of a new slideways.

OBSAH:

Seznam použitých Zkratk	7
1. Úvod	8
2. POPIS POUŽITÉ TECHNOLOGIE	10
2.1 Podloží lisovacích forem	10
2.2 Popis funkce kluzného vedení podloží	11
2.3 Materiál podloží	12
2.4 Materiál a rozměry svíce	12
2.5 Materiál a rozměry původních vložek	13
2.6 Přidržovač plechu	15
3. STAV PŮVODNÍHO KLUZNÉHO VEDENÍ	17
3.1 Popis a zobrazení současného stavu	17
3.2 Problémy vzniklé vlivem opotřebovaných kluzných vedení	18
4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH NOVÉHO KLUZNÉHO VEDENÍ	20
4.1 Volba materiálu nového vedení	20
4.2 Rozměry nového vedení	23
5. ÚPRAVA DÍRY PRO INSTALACI KLUZNÉHO VEDENÍ	24
5.1 Volba stroje	24
5.2 Volba nástrojů	25
5.3 Postup obrábění	28
5.4 NC program	30
6. Instalace nových vložek	33
7. ZÁVĚR	35
8. PODĚKOVÁNÍ	36
9. Seznam použité literatury	37

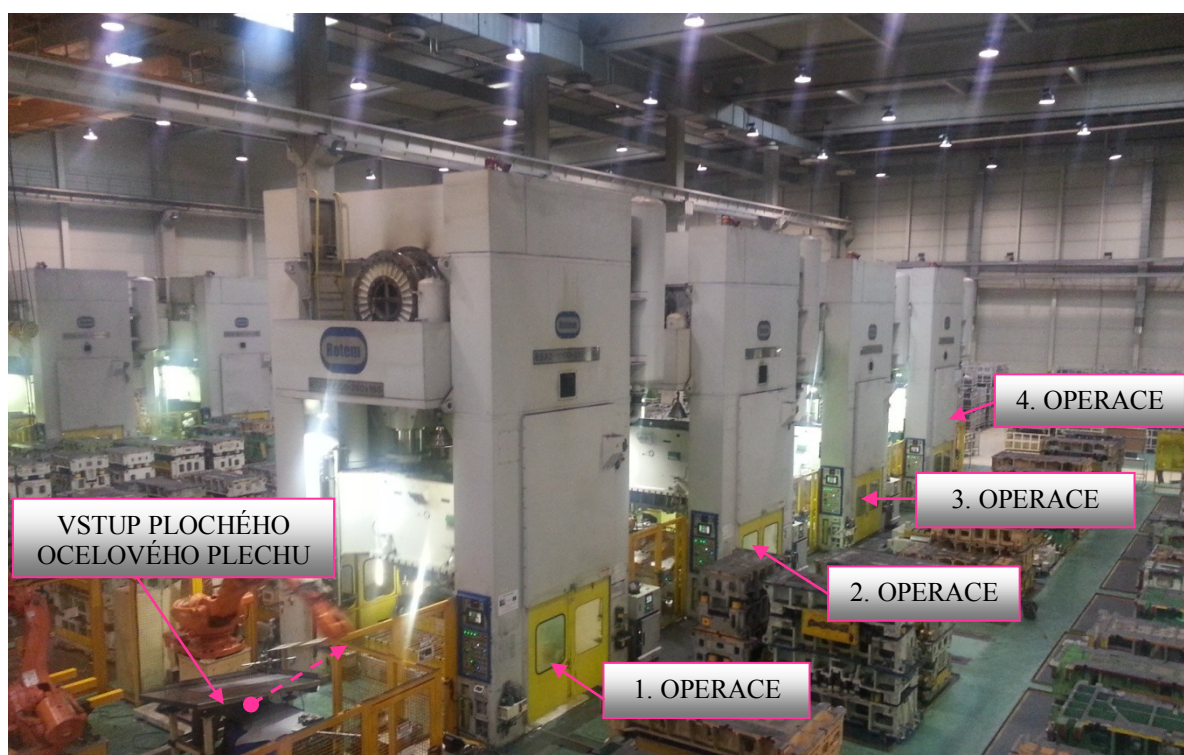
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Značení	Význam
MC	monomerní odlévání
NC	číslicové řízení
CNC	číslicové řízení počítačem
CAD	počítačová podpora výroby
CAM	počítačová podpora výroby
SK	slinutý karbid
2D	dvourozměrný prostor
3D	třírozměrný prostor
v_c	řezná rychlost
a_p	hloubka řezu
f_z	posuv na zub
n	otáčky vřetene

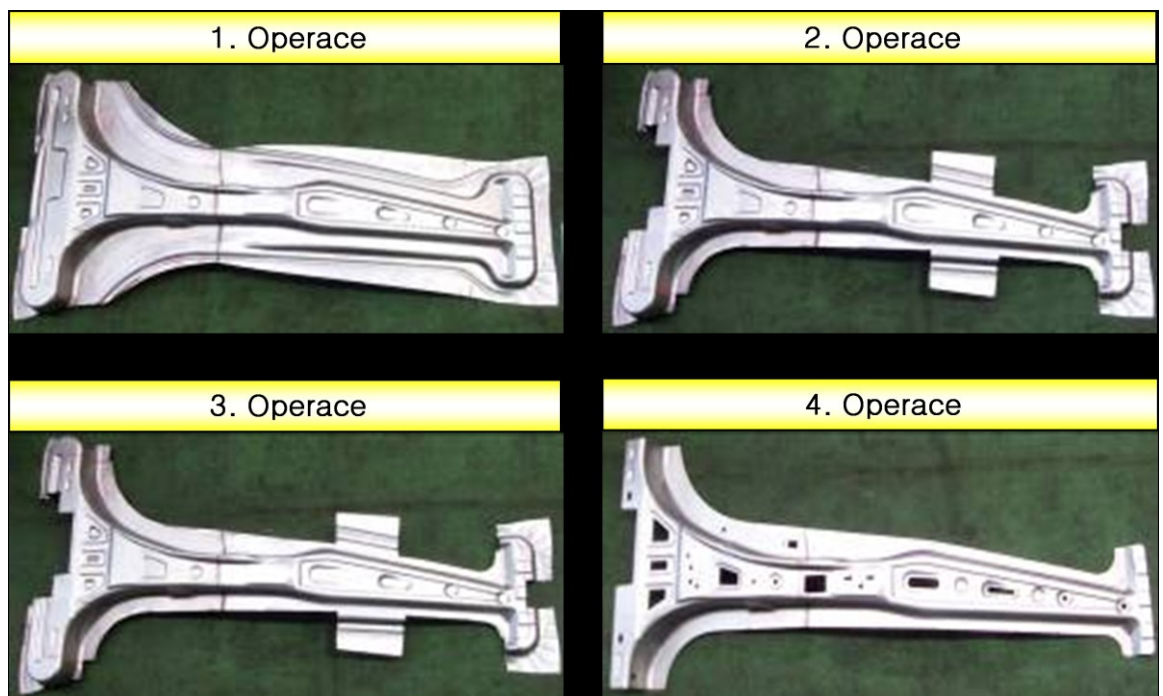
1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou kluzných vedení podloží lisovacích forem pro první lisovací operace – tváření, hluboká tažení. Práce je sepsána v rámci společnosti, která je výhradním dodavatelem karoserií v automobilovém průmyslu pro dva výrobce osobních automobilů. V této společnosti se stříhají a dále lisují plechy na postupových lisech (viz Obr. 1). Denní produkce jednotlivých dílů pro každý typ automobilu (typů je celkem šest) je okolo osmi set kusů. Následně se zde z těchto výlisků kompletují karoserie pomocí bodového svařování a svařování v ochranné atmosféře CO₂. Zkompleťovaná karoserie je vyobrazena na Obr. 6.

Vzhledem k takovéto objemné produkci jsou kluzná vedení podloží lisovacích forem intenzivně namáhána a často dochází k jejich poškození, která způsobují značné ztráty ve výrobě (časové prostoje, poničení lisovacích nástrojů a vliv na kvalitu plechových výlisků). Cílem práce je popsat tuto problematiku, navrhnout konstrukční a technologické řešení tak, aby bylo finančně výhodnější než stávající systém vedení a na závěr zhodnocení realizace v praxi.

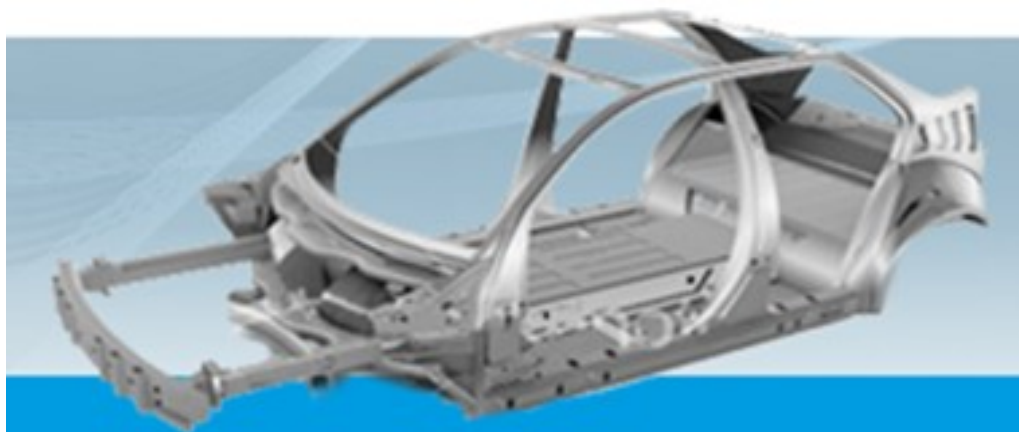


Obr. 1 Postupový lisovací stroj Hyundai ROTEM (uzavírací síla pro první lisovací operaci je 1000 tun) a popsané pořadí jednotlivých lisovacích operací [16]



Obr. 2 Vyobrazení jednotlivých operací při výrobě B-sloupku [16]

- 1. Operace – Tažení, přeměna plochého 2D tvaru ve 3D tvar
- 2. Operace – Stříhání, děrování
- 3. Operace – Dotvarování, lemování
- 4. Operace – Děrování, boční děrování a stříhání

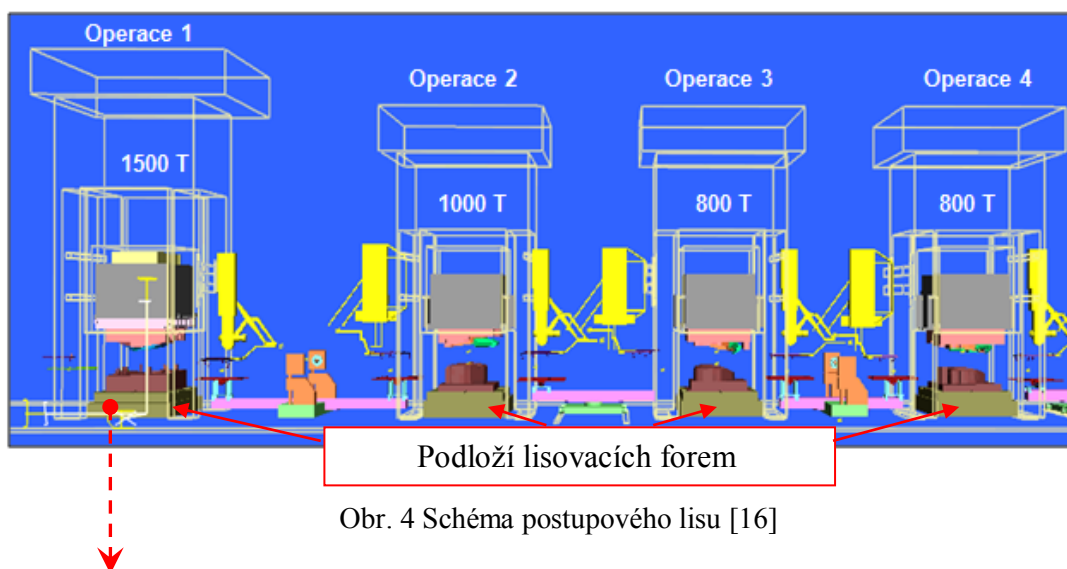


Obr. 3 Zkompletovaná karoserie připravená do výrobní linky pro postupnou montáž automobilu [16]

2. POPIS POUŽITÉ TECHNOLOGIE

2.1 Podloží lisovacích forem

Podloží lisovacích forem má za úkol ustavit spodní část lisovacího nástroje v lisovacím stroji tak, aby byl v naprosté horizontální a vertikální rovině (vycentrovaný) oproti hornímu lisovacímu nástroji. Horizontální ustavení zajití rovinnost podloží a vycentruje se pomocí vodících drážek, které se protínají ve středu podloží a jsou na sebe kolmé. Nástroj je upnut k podloží pomocí T-drážek. Poloha podloží v lisovacím stroji je znázorněna na schematickém obrázku postupového lisu – viz. Obr. 4. Na Obr. 5 je zobrazeno podloží pro první operace – tváření.



Obr. 4 Schéma postupového lisu [16]

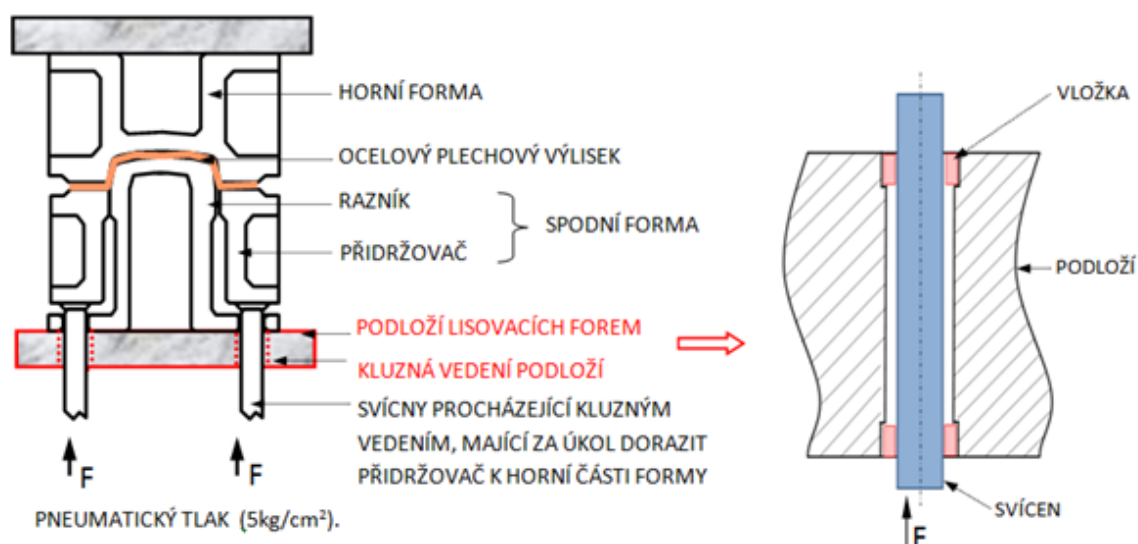


Obr. 5 Podloží a svíce pro první operace

2.2 Popis funkce kluzného vedení podloží

Lisovací nástroj pro první tvářecí operace se skládá ze spodní a horní části formy, přičemž ta spodní je rozdělena na dvě části, kterými jsou razník a přidržovač. Razník je polohován uprostřed spodní formy a je pevně upnut k podloží. Po funkční ploše razníku je uskutečněno tažení plechu. Aby proběhlo tažení plechu rovnoměrně a bez okrajových zvlnění, je plech po obvodu upnut pomocí přidržovače a horní formy. Přidržovač je tedy přizvednut pomocí svící, které procházejí kluzným vedením a jsou zesponu pneumaticky vytlačovány tlakem, jehož velikost se odvíjí od hmotnosti přidržovače. Tento tlak je uveden v pracovních postupech přiřazených k jednotlivým výliskům a upravuje se v lisovacím stroji před každou produkcí. Dále je v pracovních postupech uvedena pozice svíci v podloží. Ta je volena dle pozice svíců na formě. Schematické zobrazení pozice na vkládání svíci pro lisování B-sloupku je zobrazena na Obr. 8.

Kluzná vedení podloží lisovacích forem mají za úkol zajistit přesná axiální vedení svíců, které vracejí stlačený přidržovač zpět do výchozí pozice (souměrně s razníkem). Tyto svícny v podstatě plní funkci pružiny.



Obr. 6 Zde vidíme podloží, svíce, lisovací nástroj pro tažení plechu a nalevo detail kluzného vedení [16]

2.3 Materiál podloží

Materiál, z něhož je podloží vyrobeno, je konstrukční běžná ocel ČSN 11 443.

Rozměry: 2 800mm x 1 600mm x 280mm

Váha: přibližně 9 300 kg

Tabulka 1 Chemické složení oceli ČSN 11 443 [1]

Značka oceli	Chemické složení v %							
	C	Mn	Si	Cr max.	Mo	Ni max.	P	S
ČSN 11 443	0,17	1,5	-	0,45	-	1,5	0,4	0,04

Neušlechtilá konstrukční ocel, nelegovaná, obvyklých jakostní, vhodná ke svařování.

Součásti konstrukcí a strojů menších tloušťek, namáhané staticky a mírně dynamicky. Mírně namáhané hřídele a osy, u nichž se nepožaduje odolnost vůči opotřebením v místě uložení, ozubená kola, zápusťkové výkovky, železniční vozidla. Svařitelnost - zaručená. [1]

2.4 Materiál a rozměry svíce

Materiálem svíce je ocel ČSN 15 142, tvrdosti povrchu 55 HRC (povrchově kaleno do hloubky 0,5mm).

Tabulka 2 Složení oceli ČSN 15 142 [3]

Značka oceli	Chemické složení v %							
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni max.	P max.	S max.
ČSN 15 142	0,38-0,45	0,50-0,80	0,17-0,37	0,90-1,20	0,15-0,30	0,5	0,035	0,035

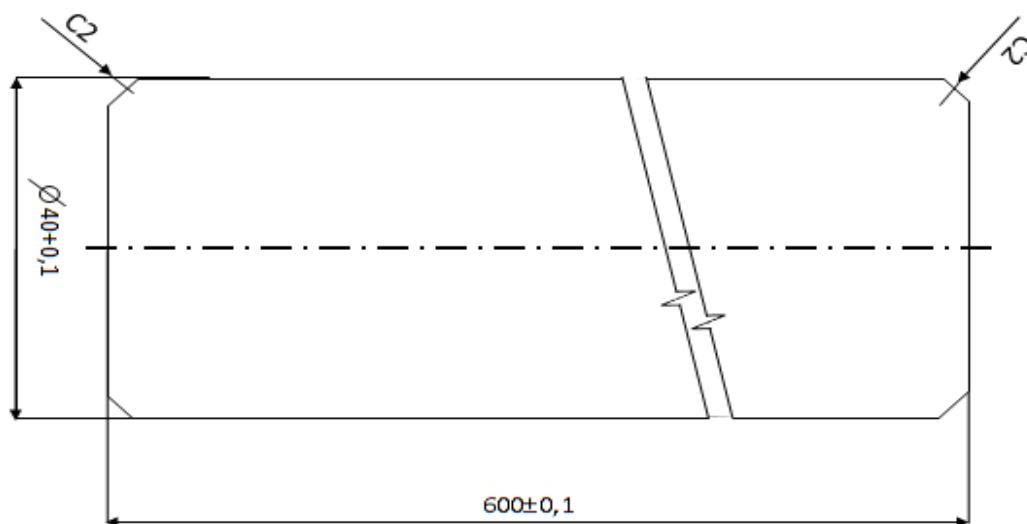
Tabulka 3 Způsob tepelného zpracování oceli ČSN 15 142 [3]

Způsob	Teplota [°C]	Postup
Normalizační žíhání	870-890	Ochlazovat na vzduchu
Kalení	840-880	Ochlazovat v oleji
Žíhání na měkko	700-740	
Popouštění	540-680	Ochlazovat na vzduchu

Tabulka 4 Mechanické vlastnosti ČSN 15 142 v zušlechtěném stavu [2]

Průměr [mm]	Mez kluzu Re min [MPa]	Pevnost v tahu Rm [MPa]	Tažnost A [%]	Kontrakce Z min [%]	Nárazová práce KV min [J]
16<d≤40	750	1000 - 1200	11	45	35

Tato ocel je charakterizována jako ocel se zvláštními vlastnostmi, pro zušlechťování a povrchové kalení. Je vhodná pro povrchové kalení. Užívá se na velmi namáhané strojní součásti a součásti silničních motorových vozidel, kde se požaduje při vysoké pevnosti i vyšší houževnatosti, zejména hřídele a spojovací součásti. [3]



Obr. 7 Rozměr svíce

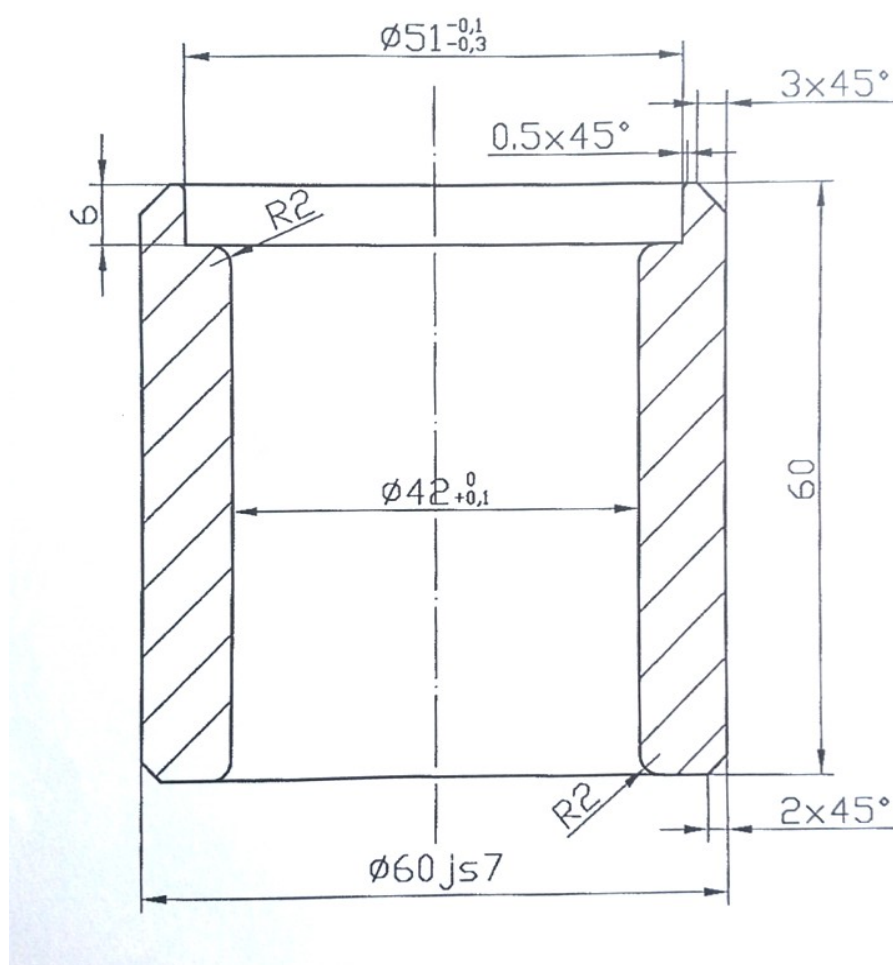
2.5 Materiál a rozměry původních vložek

Původní vložky jsou vyrobeny z materiálu ČSN 12 050 a kaleny na tvrdost 42-45 HRC. Rozměry původní vložky lze vidět na Obr. 8.

Tabulka 5 Chemické složení materiálu ČSN 12 050 [4]

Značka oceli	Chemické složení v %							
	C	Mn	Si max.	Cr max.	Mo max.	Ni max.	P max.	S max.
ČSN 12 050	0,40-0,52	0,46-0,84	0,43	0,45	0,13	0,45	0,035	0,04

Často používaná nelegovaná ocel pro výrobu méně namáhaných strojních dílů ve stavu zušlechtném nebo normalizačně žíhaném. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném stavu a následně popouštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná k povrchovému kalení plamenem nebo indukci. [4]



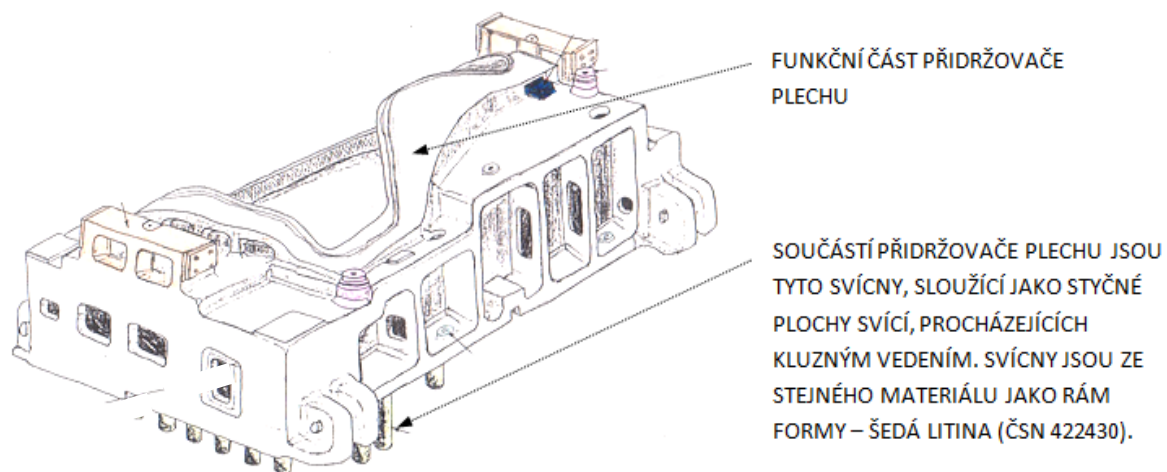
Obr. 8 Rozměry původní vložky [16]

2.6 Přidržovač plechu

Přidržovač se skládá ze dvou částí – z rámu a funkční části (viz Obr. 9). Funkce přidržovače byla popsána v kapitole 2.2.

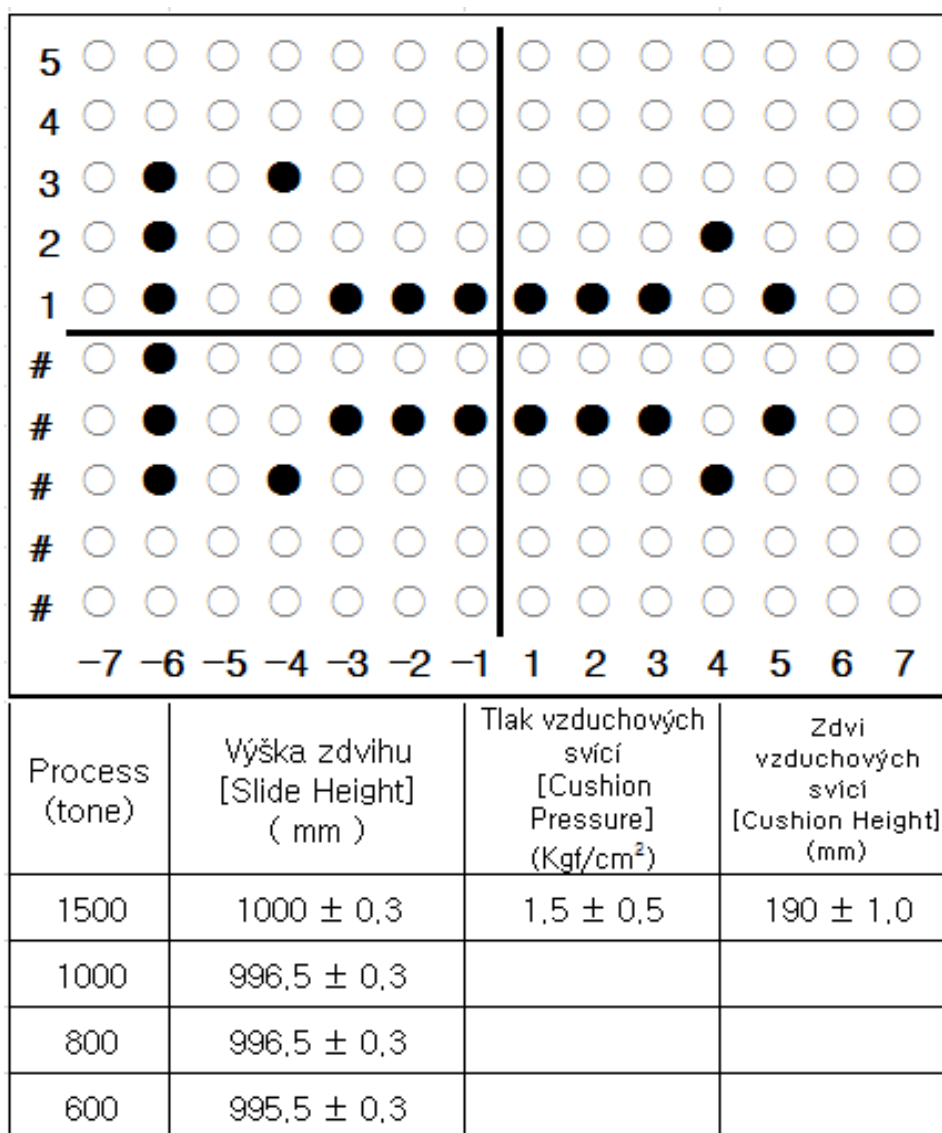
Tělo je odlité z šedé litiny ČSN 42 2430 a funkční část přidržovače je z materiálu ČSN 19 573 – vysoce legovaná nástrojová ocel.

Šedá litina je slitina železa a uhlíku s dalšími prvky: křemíkem, manganem, fosforem, sírou. Obsah uhlíku je obvykle 2,5 až 3,5 %. Vyznačuje se relativně vysokou pevností v tlaku. Ostatní mechanické vlastnosti, zejména tažnost, jsou nepříznivě ovlivněny lamelárním tvarem grafitu. Grafitové lamely působí jako vruby (koncentrátory napětí) v kovové matici a snižují pevnost v tahu na pouhých 100 až 350 MPa. Modul pružnosti se pohybuje v rozpětí 75 až 160 GPa. Lamelární forma grafitu zvyšuje tepelnou vodivost. Vlastnosti jsou normovány v ČSN a evropských normách. Je dobře obrobitelná a jen pomalu koroduje. [6]



Obr. 9 Přidržovač plochého ocelového plechu [16]

Pro správný průběh lisovací operace s využitím přídržovače je nezbytně nutné před každou produkcí vložit svíce do podloží tak, aby byly polohovány přímo pod svícný, nacházejících se na spodní části přídržovače. Svíce pak dosednout přesně na svícný a zvedají přídržovač. Každá lisovací forma má polohovány svícný jinak, jejich poloha je dána konstrukcí formy a tvarem požadovaného výlisku. Na Obr. 10, pracovním postupu pro seřízení lisu před produkcí B sloupku, je vidět vyznačenou polohu pro vložení svící do podloží pro B-sloupek (lze si všimnout zjevné kopie tvaru obrysu B - sloupku).

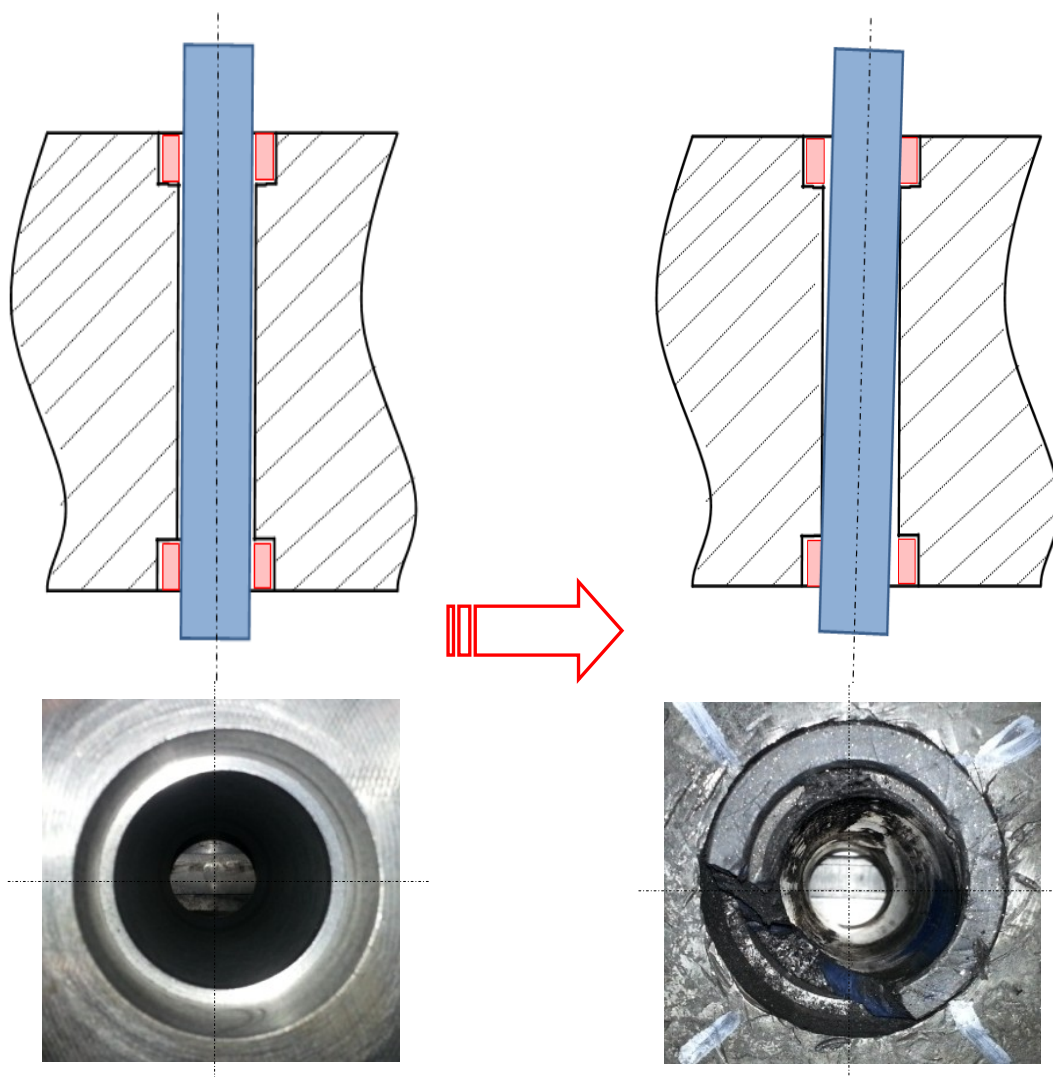


Obr. 10 Pracovní postup na připravení produkce lisování B-sloupku. Z vrchu můžeme vidět schematické znázornění polohy svící v podloží a dole jsou uvedeny parametry pro nastavení v lisovacím stroji. [16]

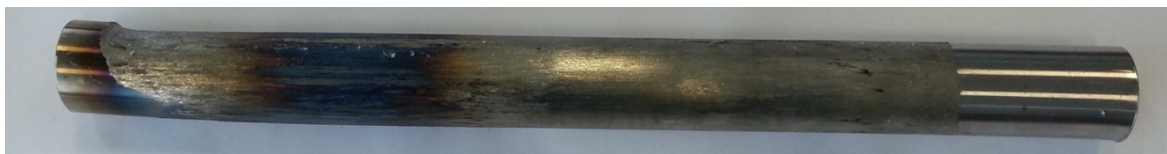
3. STAV PŮVODNÍHO KLUZNÉHO VEDENÍ

3.1 Popis a zobrazení současného stavu

Vzhledem k téměř nepřetržitému provozu dochází ke značnému opotřebení součástí lisovacího stroje. Kromě převodovek, filtrů, robotický ramen atd. jsou do značné míry problémovou partií kluzná vedení svící, procházejících podložím spodních forem. K těmto opotřebení dochází vlivem vysokých tlaků, vznikajících při vytlačování přidržovače plechu směrem vzhůru. Následkem těchto velkých tlaků, jejichž výsledný vektor nepůsobí vždy axiálně, se značně opotřebovávají kluzná vedení, jež by měla zajišťovat bezproblémový a především kolmý výtlač svíček na rovinu podloží. Důsledek nesouosého vedení pro kluzná pouzdra a svíčky je zobrazen na Obr. 11 a 12.



Obr. 11 Zleva můžeme vidět správnou pozici vedení svíčky v ose. Napravo nesouosé vedení svíčky a narušení potřebné kruhovitosti díry a původní vložky



Obr. 11 Zde vidíme opotřebovanou svíci vlivem nesouosého vedení podložím

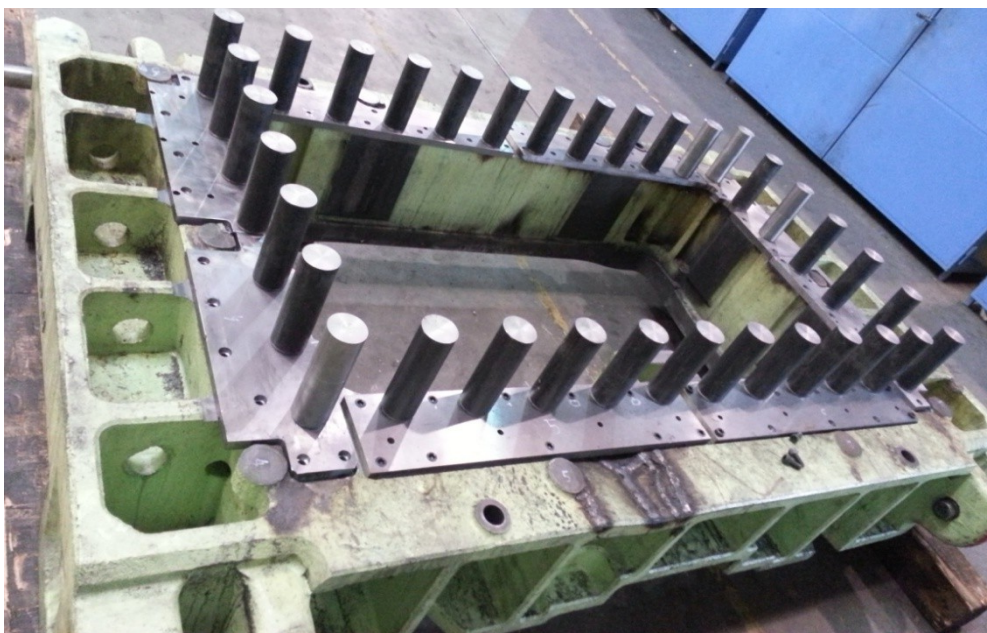
3.2 Problémy vzniklé vlivem opotřebovaných kluzných vedení

Jelikož jsou svícný tvořeny z litiny, tak při excentrickém narážení styčných ploch svíci do styčných ploch svícňů začnou svícný buďto praskat a spolu s nimi i tělo rámu přidrřovače, anebo se začnou v lepším případě vydrolovat (viz Obr. 12).



Obr. 12 Zleva lze vidět počínající vydrolování a napravo už vydrolený celý svícen

Takto poškozené svícný se musí co nejrychleji opravit, jelikož každý nástroj produkuje zpravidla jedenkrát za dva až tři dny. Poškozená místa se vyfrézují a připraví se pro ustavení ocelových plátů, na nichž jsou přišroubované nové ocelové piny.



Obr. 13 Opravený přidržovač – namontované nové svícny

Dalším důsledkem ne-souosého vedení kluzného vedení podloží je i zvýšená zmetkovitost. Jelikož se ne vždy podaří zničené svícny nahradit novými v požadovaném čase, musí se vyrábět i s poškozenými svícny pro dodržení předepsaného plánu výroby a včasného dodání karoserie k zákazníkovi. Zničené svícny jsou zkrácené, tlak svící na svícny je nerovnoměrný a následkem toho přidržovač plechu neplní svoji funkci tak jak by měl. Tímto dochází k poškození plechových výlisků v podobě prasklin, zvlnění a přelisů (Obr. 14). To potom výrazně zvyšuje zmetkovitost. Přes praskliny a zúžení proniká hluk od motoru a z důvodů deformací, zvlnění a přelisů nelze součásti zkompletovat.



Obr. 14 Vady na výliscích – praskliny, zvlnění, přelisy

4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH NOVÉHO KLUZNÉHO VEDENÍ

Proto, aby opakovaně nedocházelo k častému porušování kluzných vedení, pinů a svícňů, je nutné vyměnit vložky (ideálně po celé délce kluzného vedení) za materiál s nízkým koeficientem tření, vysokou tvrdostí a především nízkou pořizovací cenou, zajišťující snadnou dostupnost a výměnu při poškození. Bylo vybíráno z těchto materiálů:

- Nitridovaný materiál ČSN 15 330 (tvrdost dosažená nitridací převyšuje tvrdost dosaženou kalením).
- Cast Nylon (MC Nylon)

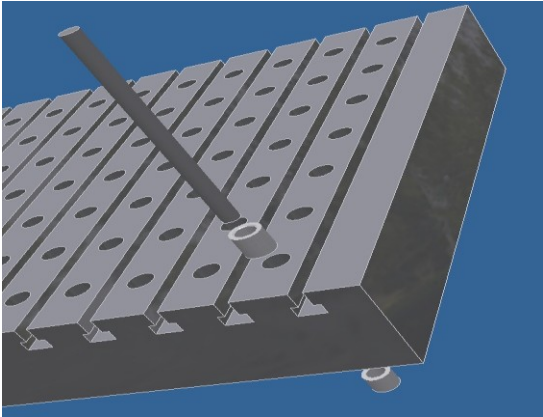
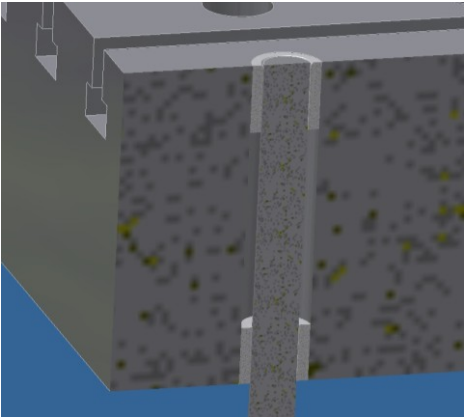
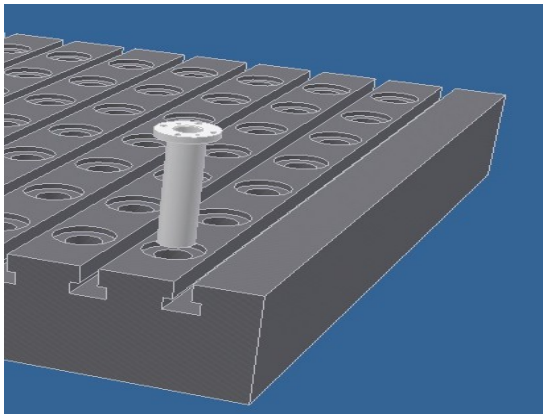
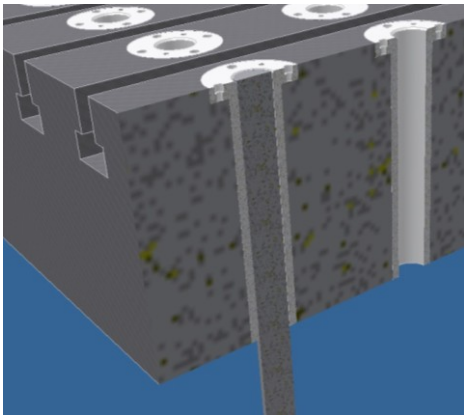
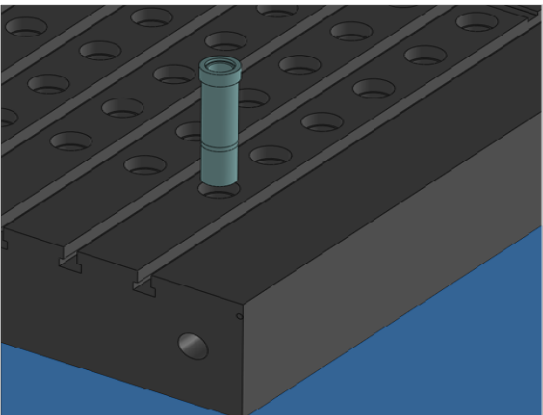
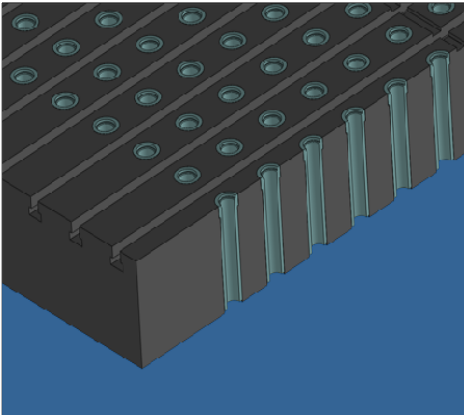
4.1 Volba materiálu nového vedení

Materiál ČSN 15 330 – Středně legovaná ušlechtilá chrom - molybden - vanadová ocel k nitridování. Ocel určená pro strojní díly. Vyznačuje se vyšší pevností při dostatečné houževnatosti ve stavu po zušlechtění. Vysoká prokalitelnost dovoluje ocel použít i na rozměrnější strojní díly. Nitridovaná vrstva dosahuje tvrdosti ca 800 HV1, je odolná proti opotřebení a korozi v méně agresivních prostředích. Nitridací se též docílí zvýšení meze únavy povrchové vrstvy při střídavém namáhání. Ocel lze použít i jako ocel k zušlechtování bez následné nitridace. [8]

MC 901 Nylon (Monomer Cast Nylon) – Nylon odolný vůči vyšším teplotám (tepelná stabilita až do 126,67 °C). Má lepší rázovou pevnost a odolnost v porovnání s ostatními materiály ze skupiny syntetických polymerů. Vyrábí se v modré barvě a používá se pro výrobu ozubených kol, pastorků, jako náhrada nerezového potrubí a také úspěšně nahrazuje součástky z bronzu a litiny v mnoha aplikacích. [9] Mechanické vlastnosti tohoto materiálu jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Porovnání starých kluzných vedení a dvou navrhovaných alternativ (ocelových nitridovaných a MC nylonových vložek) jsou zobrazeny v tabulce č. 6.

Tabulka 6 Zde lze vidět v poli č. 1 zobrazení starého vedení. V poli č. 2 návrh nitridovaných vložek a v poli č. 3 MC nylonové vložky [16]

Č.	ZOBRAZENÍ KLUZNÝCH VEDENÍ	POHLED V ŘEZU
1		
2		
3		

Dodatek k tabulce 6:

Pole č. 1: Stará kluzná vedení – kalená ocel nalisovaná do podloží. Nevýhodou je, že snadno se časem opotřebuje a ničí svíce.

Pole č. 2: První návrh nového vedení, jímž jsou nitridované ocelové vložky. Jejich výhodou je vysoká pevnost a dostatečná houževnatost. Také příruba, která pomocí šroubů zajistí pevné ukotvení v podloží. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a náročnost na instalaci do podloží.

Pole č. 3: Druhým návrhem nového vedení jsou MC nylonové vložky. Mají výhodu snadné instalace, nižší pořizovací ceny a rychlosti dodání oproti první alternativě. Jejich hmotnost je přibližně sedmkrát nižší než hmotnost ocelových nitridovaných vložek (měrná hmotnost MC nylonu je $1,5 \text{ g/cm}^3$. Měrná hmotnost oceli je přibližně $7,85 \text{ g/cm}^3$).

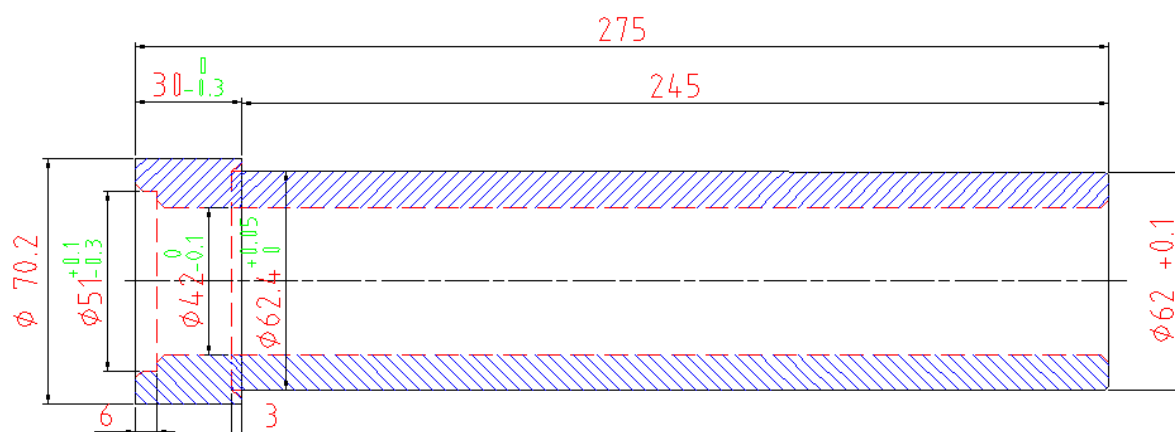
Zvolený materiál: Z hlediska snadné instalace v případě poničení a cenové dostupnosti (cena nylonové vložky je trojnásobně nižší než cena ocelové nitridované vložky) bude jednoznačně vhodnější volit materiál z MC nylonu.

Tabulka 7 Mechanické vlastnosti materiálu MC nylon při 23 °C [9]

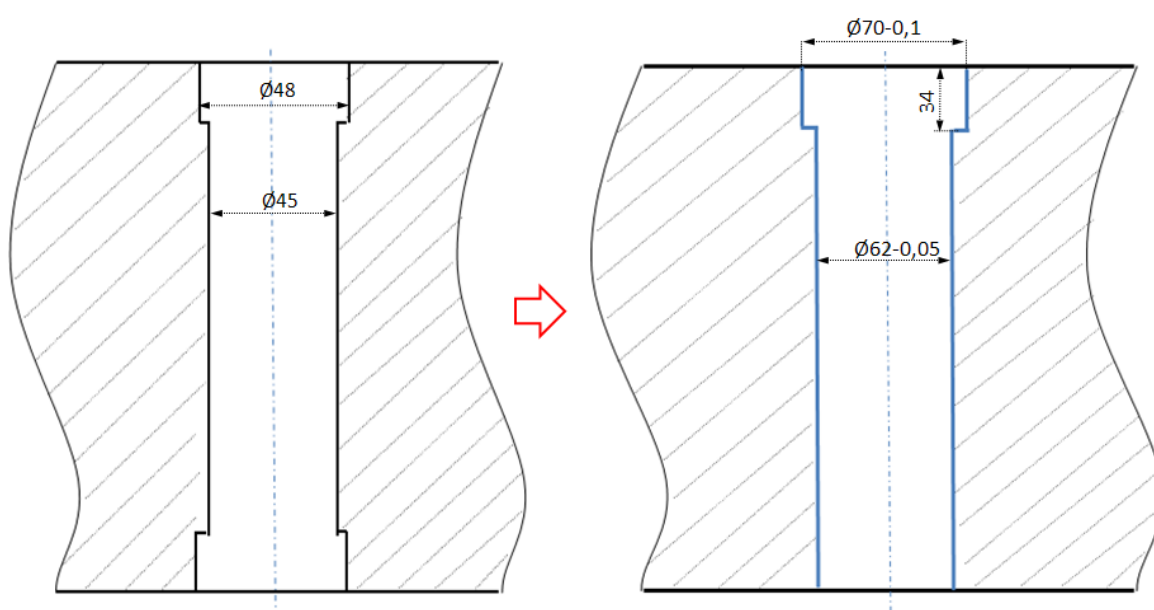
Materiál	Pevnost v tahu	Průtažnost	Tvrdost (Rockwell)	Tažnost	Rázová houž. (Charpy)
	Rm [MPa]	[%]	[-]	A [%]	[kJ/m ²]
MC 901 Nylon	81	35	M 85	35	45

4.2 Rozměry nového vedení

Aby se nová vložka, jejíž rozměry jsou uvedeny na Obr. 15, správně a pevně ukotvila do díry v podloží, je třeba zajistit nový tvar díry pro vhodné ukotvení. Toho dosáhneme převrtáním staré díry na požadovaný tvar a přesnost (viz. Obr. 16).



Obr. 15 Rozměry nové vložky z MC nylonu [16]



Obr. 16 Nalevo vidíme původní rozměry díry v podloží a napravo rozměry pro novou vložku

5. ÚPRAVA DÍRY PRO INSTALACI KLUZNÉHO VEDENÍ

5.1 Volba stroje

Vzhledem k větším rozměrům a hmotnosti 9 300 kg je nutné volit stroj s větším pracovním stolem a nosností. Stroj AWEA LP3021 (viz Obr. 17), určený k výrobě a modifikaci lisovacích nástrojů byl vybrán jako optimální pro splnění těchto kritérií.



Obr. 17 Obráběcí centrum AWEA LP3021

Tabulka 8 Vybraná technická data – AWEA LP3021 [16]

Technická data - AWEA LP3021	
Pojezd os X/ Y/Z [mm]	3000/2100/760
Rychloposuvy os X/ Y/Z [m/min]	20/15/15
Upínací plocha [mm]	3020x2010
Maximální zatížení stolu [kg]	10 000
Otáčky vřetena [ot/min]	10 až 6000
Řídicí systém	FANUC 18i-MB

5.2 Volba nástrojů

Nejdelší požadované hloubka nových děr je 280 mm. Proto je nejvhodnější zvolit jako nástroj vyvrtávací tyče.

Typy vyvrtávacích tyčí: Tyče jsou dodávány v provedení tělesa z oceli, slinutého karbidu a nebo z oceli vyztužené slinutým karbidem. Schopnost odolávat deformaci narůstá s mírou zvyšování modulu pružnosti. Protože modul pružnosti slinutého karbidu je třikrát větší než u oceli, používají se pro práce s velkým vyložení přednostně vrtací tyče ze slinutého karbidu. Nevýhodou těchto vyvrtávacích tyčí je jejich křehkost. U vyvrtávacích tyčí z oceli vystužené slinutým karbidem se využívá houževnatosti oceli a velké tuhosti slinutého karbidu. [12]

Vzhledem k požadovanému rozsahu a rozsahu průměrů nových děr byly zvoleny vyvrtávací nástroje s regulovatelným rozsahem průměrů od firmy WALTER AG. Tato společnost je mezinárodní výrobce nástrojů s hlavním sídlem v Německém Tübingenu. Zde v ČR má zastoupení v Kuřimi. [11]

1. Nástroj T1 - Pro vyvrtání z průměru 42 mm na průměr 50 mm do hloubky 280mm:

Vyvrtávací nástroj s nastavitelnými kazetami s rozsahem Ø41 až Ø55, vyměnitelnými břitovými destičkami z SK a nástavec – celková délka od konce límce je 290 mm (viz Obr. 18)



Obr. 18 Vyvrtávací nástroj pro vyvrtání Ø50 mm a nástavec [11]

2. Nástroj T2 - Pro vyvrtání z průměru 50 mm na průměr 56 mm do hloubky 280 mm:

Vyvrtávací nástroj s nastavitelnými kazetami v rozsahu Ø55 až Ø70 s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK a nástavec – celková délka od konce límce je 305 mm (viz Obr. 19)



Obr. 19 Vyvrtávací nástroj pro vyvrtání Ø56 mm a nástavec [11]

3. Nástroj T3 – Pro vyvrtání z průměru 60 mm na průměr 61,6 mm do hloubky 280 mm:

Opět byl volen vyvrtávací nástroj s nastavitelnými kazetami v rozsahu Ø55 až Ø70 s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK a nástavec – celková délka od konce límce je 305 mm (viz Obr. 19)

4. Nástroj T4 - Pro vyvrtání z průměru 60 mm na průměr $62^{-0,05}$ mm do hloubky 280 mm:

Dokončovací vyvrtávací nástroj s nastavitelnou kazetou pro průměry v rozmezí Ø55 až Ø70 s vyměnitelnou břitovou destičkou z SK a nástavec – celková délka od konce límce je 305 mm (viz Obr. 20)



Obr. 20 Dokončovací vyvrtávací nástroj pro Ø60 a nástavec [12]

5. Nástroj T5 - Pro vyvrtání z průměru 62 mm na průměr $70^{-0,1}$ mm do hloubky $30^{+0,1}$ mm:

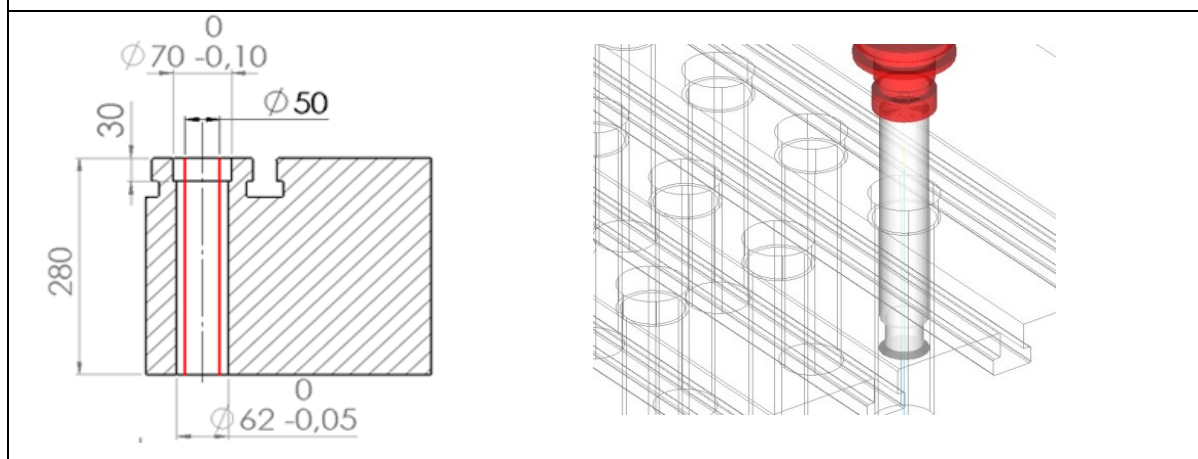
Opět byl použit vyvrtávací nástroj pro průměry v rozmezí Ø55 až Ø70 s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK a nástavec – celková délka je 305 mm (viz Obr. 19)

5.3 Postup obrábění

V následujících pěti tabulkách jsou uvedeny kroky pro výrobu nových děr pro MC nylonové vložky. T – označení nástroje, n – otáčky, v_c - řezná rychlost, a_p – hloubka řezu, f_z – posuv na zub.

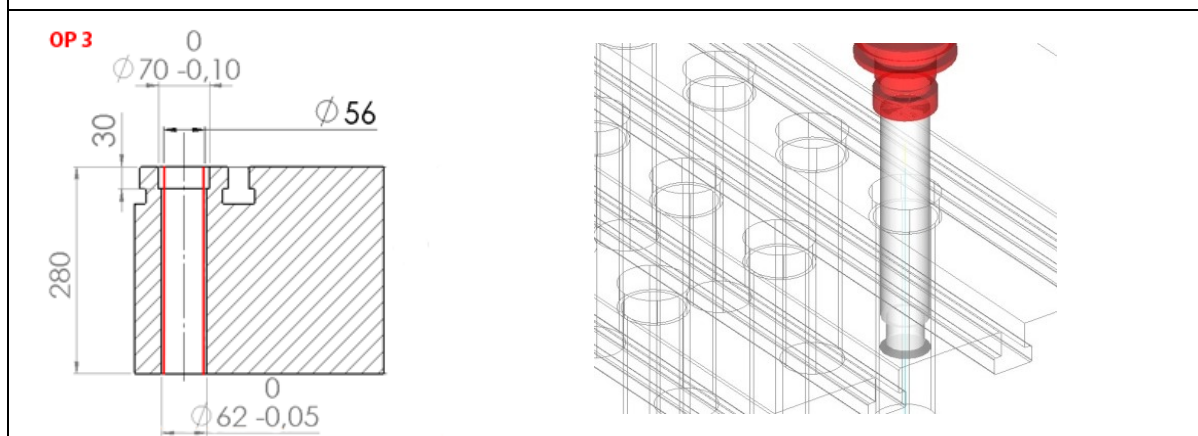
1. Vyvrtávání průměru 50 mm			
Parametry		Popis	
Nástroj	T1	Upnout desku 2800 x 1600 na stůl. Vrtat 128 x Ø50 do hloubky 283	
n [ot/min]	750		
v_c [m/min]	230		
a_p [mm]	4		
f_z [mm]	0,16	Operace	Hrubování

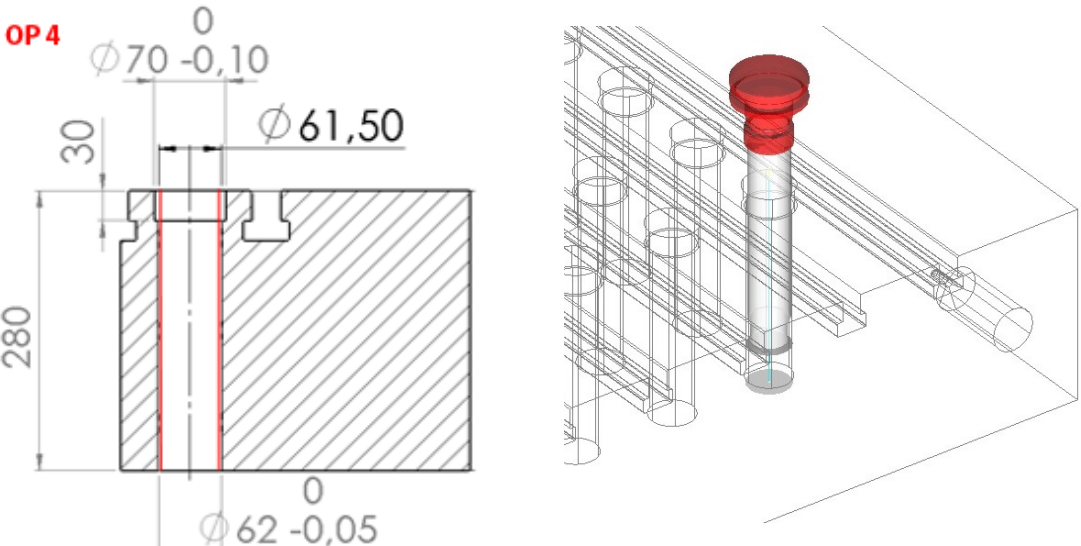
Grafické znázornění

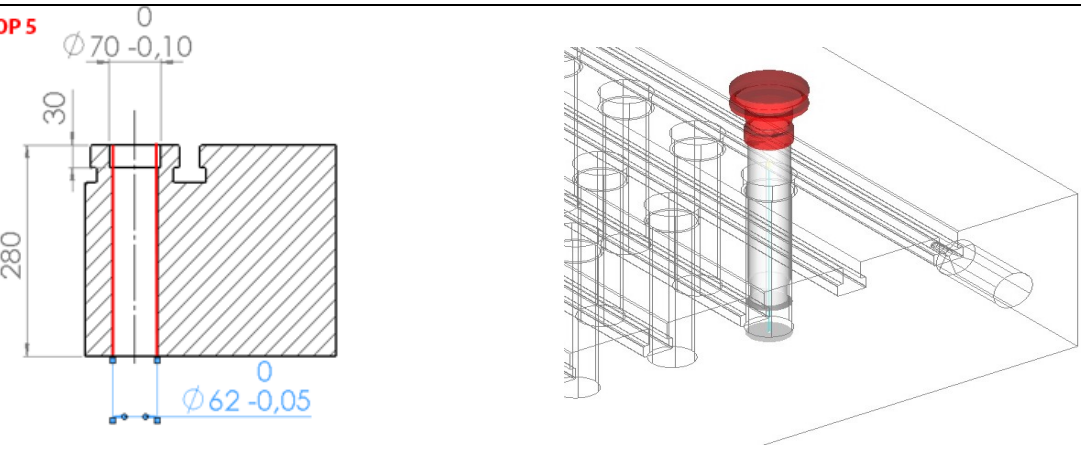


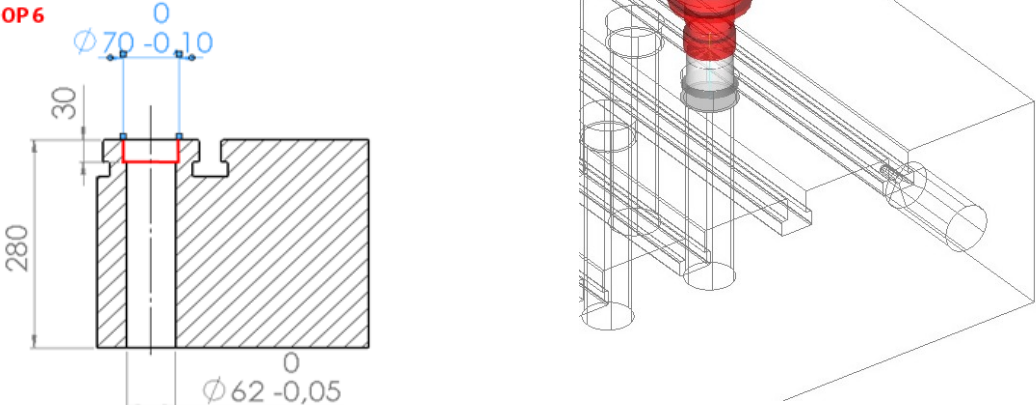
2. Vyvrtávání průměru 56 mm			
Parametry		Popis	
Nástroj	T2	Vrtat 128 x Ø56 do hloubky 285	
n [m/min]	650		
v_c [m/min]	230		
a_p [mm]	3		
f_z [mm]	0,21	Operace	Hrubování

Grafické znázornění



3. Vytváření průměru 61,5 mm			
Parametry		Popis	
Nástroj	T3	Vrtat 128 x Ø61,5 do hloubky 285 z Ø56	
n [m/min]	650		
v _c [m/min]	270		
a _p [mm]	2,75		
f _z [mm]	0,21		
		Operace	Hrubování
Grafické znázornění			
			

4. Vytváření průměru 62-0,05 mm			
Parametry		Popis	
Nástroj	T4	Vytvářet 128 x Ø62 -0,05 do hloubky 285 z Ø61,6 na čisto	
n [m/min]	1000		
v _c [m/min]	90		
a _p [mm]	0,2		
f _z [mm]	0,09		
		Operace	Na čisto
Grafické znázornění			
			

5. Vytváření záhloubení průměru 70-0,1 mm			
Parametry		Popis	
Nástroj	T5	Vrtat záhloubení 128 x Ø70-0,1 do hloubky 30	
n [m/min]	650		
v _c [m/min]	270		
a _p [mm]	4		
f _z [mm]	0,21	Operace	Na čisto
Grafické znázornění			
			

5.4 NC program

NC program je tvořen jednotlivými řídícími bloky, které mají pevnou stavbu podle účelu použití. Struktura a obsah řídících bloků NC programu vychází z výkresové dokumentace je závislá na konkrétním řídícím systému a NC stroji. NC program je tvořen posloupností řídících bloků obsahujících jednotlivé adresy a jejich numerické hodnoty podle aktuálního kontextu a požadavků NC programátora. Mimo souřadnic vyjadřujících polohu koncového bodu nástroje mají důležitý význam i další adresy G (dráhová podmínka), M (pomocné funkce), D (korekce), a technologické informace F (posuv), S (otáčky), T (poloha nástroje). [14]

NC kód pro systém fanuc, normy ISO, zde vložený byl vygenerován z CAD/CAM programu Mastercam X6.

Mastercam je CAD/CAM aplikace od americké firmy CNC Software, Inc z Connecticut. Je nejprodávanejším CAM systémem na světě (zdroj: CIMdata). Mastercam je kompletní systém pro efektivní a přesné obrábění modelů, plošných modelů nebo drátové geometrie. Využívá zkušenosti získané z mnohaletého vývoje (více než 25 let) a řady poznatků mnoha uživatelů z praxe. Mastercam zahrnuje programování obráběcích strojů v oblasti frézování, soustružení, drátového řezání, obrábění dřeva, ART a v neposlední řadě modul Robotmaster pro programování průmyslových robotů na bázi CAM systému. [15]

Ukázka NC kód (pro vyvrtání jedné díry):

```
%
O0000 (PODLOZI)
  (DATE=DD-MM-YY - 19-05-13 TIME=HH:MM - 13:12)
AM_LAST.MCX-6)
(MATERIAL - OCEL ISO 1.0038)
( T430 | 42. DRILL | H430 )
( T8 | 50 BOR | H8 )
( T9 | BOR 56 | H9 )
( T12 | 60 BOR | H12 )
( T28 | B3220.T36.41-55.Z2.CC09 | H28 )
( T2 | B3220.T45.41-50.Z2.CC09 | H2 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T430 M6 ;VYMENA NASTROJE
N106 G0 G90 G54 X-1125. Y525. A0. S560 M3 ;SPUSTENI VRETENE
N108 G43 H430 Z320.
N110 Z340.
N112 G99 G83 Z-22.618 R340. Q0. F12.
N114 X-975.
N368 G80
N370 M5
N372 G91 G28 Z0. ;NAVRAT NA STARTOVNI POZICI
N374 A0.
N376 M01
N378 T8 M6 ;VYMENA NASTROJE
N380 G0 G90 G54 X-1125. Y525. A0. S720 M3 ;SPUSTENI VRETENE
N382 G43 H8 Z310.
N384 Z340.
N386 G99 G85 Z-10. R340. F230.
N388 X-975.
N642 G80 ;KONEC CYKLU
N644 M5 M5;KONEC OPERACE
N646 G91 G28 Z0.;NAVRAT NA STARTOVNI POZICI
N648 A0.
N650 M01 ;MOZNOST ZASTAVENI STROJE
N652 T9 M6 ;VYMENA NASTROJE
N654 G0 G90 G54 X-1125. Y525. A0. S650 M3 ;SPUSTENI VRETENE
N656 G43 H9 Z285.
N658 Z320.
N660 G99 G85 Z-5. R320. F270.
N662 X-975.
N916 G80 ;KONEC CYKLU
N918 M5;KONEC OPERACE
```

N920 G91 G28 Z0. ;NAVRAT NA STARTOVNI POZICI
N922 A0.
N924 M01 ;MOZNOST ZASTAVENI STROJE
N926 T12 M6 ;VYMENA NASTROJE
N928 G0 G90 G54 X-1125. Y525. A0. S650 M3 ;SPUSTENI VRETENE
N930 G43 H12 Z270.
N932 Z290.
N934 G99 G85 Z-2. R290. F270.
N936 X-975.
N1190 G80 ;KONEC CYKLU
N1192 M5 ;KONEC OPERACE
N1194 G91 G28 Z0. ;NAVRAT NA STARTOVNI POZICI
N1196 A0.
N1198 M01 ;MOZNOST ZASTAVENI STROJE
(D62 NA CISTO)
N1200 T28 M6 ;VYMENA NASTROJE
N1202 G0 G90 G54 X-1125. Y525. A0. S1000 M3 ;SPUSTENI VRETENE
N1204 G43 H28 Z285.
N1206 Z320.
N1208 G99 G85 Z-5. R320. F90.
N1210 X-975.
N1464 G80 ;KONEC CYKLU
N1466 M5 ;KONEC OPERACE
N1468 G91 G28 Z0. ;NAVRAT NA STARTOVNI POZICI
N1470 A0.
N1472 M01 ;MOZNOST ZASTAVENI STROJE
N1474 T2 M6 ;VYMENA NASTROJE
N1476 G0 G90 G54 X-1125. Y525. A0. S650 M3 ;SPUSTENI VRETENE
N1478 G43 H2 Z300.
N1480 Z340.
N1482 G99 G85 Z250. R340. F270.
N1484 X-975.
N1738 G80 ;KONEC CYKLU
N1740 M5 M5 ;KONEC OPERACE
N1742 G91 G28 Z0. ;NAVRAT NA STARTOVNI POZICI
N1744 G28 X0. Y0. A0.
N1746 M30 ;KONEC PROGRAMU

6. INSTALACE NOVÝCH VLOŽEK

Pro nové rozměry díry byl zvolen vnější průměr MC nylonové vložky větší než zvětšený průměr díry v podloží. Aby se nová vložka vpassovala do díry menšího velikosti, bude ji nutno zmrazit a tím se smrští. Toho bylo docíleno použitím **kapalného dusíku**. Postup pro instalaci nylonových vložek můžeme vidět v tabulce č. 9.

Dusík – jako hlavní složka vzduchu, který ho obsahuje téměř 80 % – je všude kolem nás. Atomy nejběžnějšího izotopu dusíku označovaného ^{14}N mají relativní atomovou hmotnost 14 a jádro ze 7 protonů a 7 neutronů. V malé míře (asi 0,5 %) je v dusíku přítomen také izotop ^{15}N se 7 protony a 8 neutrony v jádře. [13]



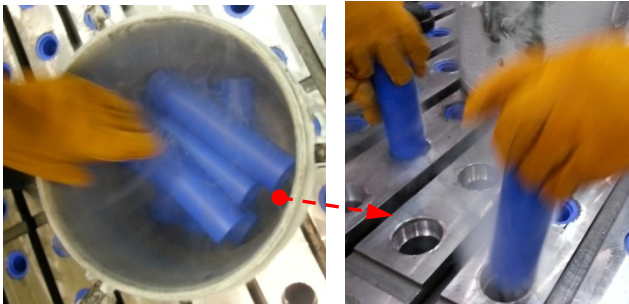

Kapalný dusík je bezbarvý a úplně studený, chemicky úplně stejný jako plynný dusík ze vzduchu. Jde o kapalinu s hustotou trochu menší, než má voda: 1 ml váží zhruba 0,81 g, zatímco 1 ml vody váží 1,00 g. Kapalný dusík je ale mnohem studenější. Za atmosférického tlaku se vaří už při teplotě $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. [13]

Nejčastější použití: jako chladicí médium, například při skladování potravin nebo dlouhodobém uchovávání živých buněk a tkání v biologii či medicíně. [13]



Obr. 20 Kapalný dusík [13]

Tabulka 9 Sled jednotlivých úkonů při instalaci nového kluzného vedení

Pořadí	Popis	Vyobrazení
1.	Vložky se umístí do nádoby s kapalným dusíkem tak, aby byly ponořené celým svým objemem.	
2.	Nádoba s kapalným dusíkem se hermeticky uzavře na dobu 15 minut.	
3.	Po 15 minutách se vložky postupně vytahují a v co nejkratším čase vkládají do připravených děr.	
4.	Po vyrovnání teploty vložky s okolní teplotou se vložka roztáhne zpět na svůj původní rozměr a je připravena k plnění své funkce - kluzného vedení.	

7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo popsat problematiku kluzných vedení podloží lisovacích forem a navrhnout konstrukční a technologické řešení nového kluzného vedení tak, aby bylo finančně co nejméně nákladné a časově nenáročné.

Aplikací MC nylonového kluzného vedení (viz Obr. 21) se podařilo zjistit, že spolehlivě plní svoji funkci a na rozdíl od ocelových kluzných vedení neničí svíce procházející podložím lisovacích forem. Zmetkovitost vylisovaných dílů ve společnosti SUNGWOO HITECH s.r.o. od aplikace těchto kluzných vedení výrazně klesla.

Bakalářská práce by mohla do budoucna sloužit jako podklad pro návrhy často opotřebovávaných kluzných vedení a podobných technických návrhů.



Obr. 21 Vložka pro nové kluzné vedení z MC nylonu

8. PODĚKOVÁNÍ

Děkuji doc. Ing. Markovi Sadílkovi, Ph.D, za odborné vedení, poskytování cenných rad a věnovanému času při konzultacích. Jeho zkušenosti a rady byly cenným podkladem pro vypracování mé bakalářské práce. Dále všem ostatním, kteří se i sebemenší radou podíleli na mé bakalářské práci.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Chemické složení oceli ČSN 11 443* [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <<http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/uzavrene-dute-profilu/uzavrene-dute-profilu-tvarene-za-studena/technicke-dodaci-predpisy-tdp>>
- [2] *Mechanické charakteristiky ocelí* [online]. 2011 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <<http://www.ingjars.estranky.cz/file/238/mechanicke-charakteristiky-vybranych-oceli.pdf>>
- [3] *Ocel k zušlechťování ČSN 15 142* [online]. 2010 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <<http://www.jkz.cz/node/221>>
- [4] *Přehled vlastností oceli 42CrMo4* [online]. 2004 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprirI/tycovaocel/EN10083/Prehled_vlast_42CrMo4/>
- [6] *Šedá litina* [online]. 2006, 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <cs.wikipedia.org/wiki/Šedá_litina>
- [7] *Tyčová ocel k nitridování* [online]. 2004 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <<http://prirucka.bolzano.cz/cz/technickapodpora/techprirI/tycovaocel/knitridovani/31CrMoV9/>>
- [8] *MC 901 Heat Stabilized Nylon* [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <<http://www.professionalplastics.com/MC901>>

- [9] *Technické plasty* [online]. 2011 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z:
http://www.technicke-plasty-tribon.cz/nabidka/materialy-polotovaru/technicke-plasty/fyzikalni-vlastnosti-_nylatron
- [10] *Katalog nástrojů Walter* [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z:
<<http://www.waltertools.blaetterkatalog.de/gc2012/en/index.html?startpage=C0>>
- [11] *Nástroje - wowas shop* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z:
<<http://www.wowas-shop.de/artikel-B3230.T18.20-26.Z1.CP05-5100098.html>>
- [12] AB SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění*. Radimova 37/50, 16900 Praha 6: Scientia, s.r.o., 1997. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [13] *Kapalný dusík* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z:
<[http://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu?action\[faq\]=detail&faqID=228](http://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu?action[faq]=detail&faqID=228)>
- [14] JANDEČKA, Karel, Jiří ČESÁNEK a Pavel KOŽMÍN. *Programování NC strojů*. Tiskové středisko ZČU v Plzni, 2000. ISBN 80-7082-692-4. Edukační. Západočeská univerzita v Plzni.
- [15] *Mastercam* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Mastercam>
- [16] Interní dokumentace společnosti Sungwoo Hitech s.r.o.